

TUGAS AKHIR

**Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi
Equivalence Ratio Pada Reaktor Fluidized Bed Gasifier**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi
Strata I pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

Oleh:

NIKO HARYANTO

D 200 130 081

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Niko Haryanto

NIM : D200130081

Jurusan : Teknik Mesin

Judul Skripsi : "Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi
Equivalence Ratio Pada Reaktor *Fluidized Bed Gasifier*".

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya serahkan ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan bebas plagiat karya orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu/ dikutip dalam naskah dan disebutkan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti skripsi ini hasil plagiat, saya bertanggung jawab sepenuhnya dan bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surakarta, 30 November 2017



Niko Haryanto

D 200 130 081

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir yang berjudul "Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi *Equivalence Ratio* Pada Reaktor *Fluidized Bed Gasifier*" Disusun Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan Program Studi Strata Satu Pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh:

Nama : Niko Haryanto

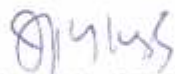
NIM : D 200 130 081

Telah disetujui dan disahkan pada:

Hari : ...*Senin*.....

Tanggal : ...*27 November 2017*.....

Mengetahui,
Pembimbing Tugas Akhir



Nur Aklis S.T., M.Eng.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi *Equivalence Ratio* Pada Reaktor *Fluidized Bed Gasifier*", telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh derajat sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh :

Nama : Niko Haryanto

NIM : D 200 130 081

Disahkan pada

Hari : Senin

Tanggal : 11 Desember 2017

Tim Penguji :

Ketua : Nur Aklis S.T.,M.Eng

Anggota 1 : Ir. Tri Tjahjono, MT

Anggota 2 : Wijianto, ST. M.Eng,Sc



Dekan,

Ketua Jurusan,



Ir. Sri Sunariono, MT. Ph. D



Ir. Subroto, MT.

LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR



Bedasarkan surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta
Nomor 150 / II / 2016 Tanggal 8 September 2016

Dengan ini :

Nama : Nur Aklis S.T.,M.Eng

Pangkat/jabatan : Asisten Ahli

Kedudukan : Pembimbing utama

Memberikan soal tugas akhir kepada Mahasiswa :

Nama : Niko Haryanto

Nomor Induk : D 200 130 081

NIMR : -

Jurusan/Semester : Teknik Mesin / Akhir

Judul/Topik : Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi *Equivalence Ratio* Pada Reaktor *Fluidized Bed Gasifier*

Rincian Soal/Tugas : menghitung kebutuhan udara stoikiometri, menghitung *air mass flow rate*, menghitung *Equivalence Ratio*, menguji pengaruh *Equivalence Ratio* terhadap performa gasifikasi

Demikian soal tugas akhir dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 10 Februari 2017

Pembimbing

Nur Aklis S.T.,M.Eng

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan akan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmu lah engkau berharap”.

(Q.S Al-Insyirah : 6-8)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri”

(Q.S. Ar-Rad : 11)

“Jangan memohon kepada Allah agar diberikan kehidupan yang mudah, tapi memohonlah kepada Allah agar diberikan kekuatan, sehingga dapat tetap mampu dalam menghadapi seberat apapun masalah dalam hidup”

(penulis)

“Pengalaman adalah guru yang paling baik” .

(penulis)

PERSEMBAHAN

Sebagai ungkapan rasa syukur dan terimakasih, dengan kerendahan hati Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orangtua tercinta, baik Ayah yang telah bahagia di Surga maupun Ibu di rumah yang selalu mencurahkan kasih sayang, cinta, tenaga, dukungan, dan do'a yang tulus.
2. Kakak Ari Wijayanti dan adik Saafiya Lirisya Putri yang selalu ada baik suka maupun duka
3. Sahabat-sahabatku Teknik Mesin angkatan 2013, terimakasih atas persahabatan, kepedulian, keceriaan, dan semangat yang kalian berikan.
4. Bapak Nur Aklis, S.T, M.Eng, selaku Pembimbing yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan saran hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
5. Bapak Ir. Pramuko Ilmu Purboputro, MT., selaku Kepala Laboratorium dan Bapak Adi Isnanto selaku Laboran yang telah menyediakan alat dan tempat untuk menyelesaikan tugas akhir
6. Keluarga Laboratorium Teknik Mesin, yang telah memberikan semangat dan bantuan selama penyusunan Tugas Akhir .
7. Keluarga Imagon (Radit, Nurman, Denni, Sodiq, Ican dan Tunas) yang sudah menjadi keluarga kedua selama berada di kota Surakarta.
8. Teman-teman satu tim Tugas Akhir Bapak Nur Aklis, S.T, M.Eng, baik Gasifikasi (Nurman, Denni, Sodiq, Ican), Turbin (Irfan, David, Danang) maupun Fluidisasi (Ari)
9. Sahabat terbaik yang tidak bisa saya sebutkan namanya, terima kasih atas Do'a, dukungan dan bantuannya selama ini.

Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi Equivalence Ratio Pada Reaktor Fluidized Bed Gasifier

Niko Haryanto , Nur Aklis

Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : niko.haryanto1722@gmail.com

ABSTRAK

Dalam beberapa tahun terakhir, produksi bahan bakar minyak di Indonesia terus mengalami penurunan. Maka dari itu, bahan bakar jenis lain yang masih jarang dimanfaatkan seperti batubara dan biomassa sangat diperlukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak. Teknologi yang dapat digunakan untuk mengkonversi dua jenis bahan bakar yang berbeda seperti batubara dan biomassa adalah co- gasifikasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *equivalence ratio (ER)* terhadap beberapa parameter yang mempengaruhi kinerja dari suatu reaktor gasifikasi. Reaktor yang digunakan pada penelitian ini berjenis *bubbling fluidized bed* dengan diameter 160 mm dan tinggi 1230 mm. Bahan bakar yang digunakan adalah campuran batubara-biomassa dengan komposisi 50%-50% dan partikel bed yang digunakan adalah pasir silika dengan diameter rata-rata partikel 0,385 mm. Hasil penelitian dengan metode pendidihan air menunjukkan bahwa *equivalence ratio* berpengaruh terhadap beberapa parameter yang mempengaruhi kinerja suatu reaktor gasifikasi seperti : temperatur reaktor, nyala efektif api, kalor yang dihasilkan, dan efisiensi. Pada *ER* 0,40 nyala efektif api dapat berlangsung selama 39 menit dengan efisiensi sebesar 13,29 %. Untuk *ER* 0,68 nyala efektif api adalah selama 46 menit dengan efisiensi sebesar 24,76%. Sedangkan untuk *ER* 0,88 nyala api efektif adalah selama 34 menit dengan efisiensi sebesar 15,63 %.

Kata Kunci: *fluidized bed co-gasification*, batubara, serbuk kayu, *equivalence ratio*

ABSTRACT

In the last few years, the production of oil fuels in Indonesia continues to decline. Other alternative energy sources that are still underutilized such as coal and biomass are needed to reduce dependency on oil fuel. Technology that can convert two different types of fuels such as coal and biomass are co-gasification. The purpose of this study is to determine the effect of equivalence ratio (ER) on the gasification performance. The reactor used in this research was fluidized bed type with 160 mm diameter and 1230 mm height. While the fuel used was a mixture of coal-biomass with the composition of 50% -50% and the bed particle used was silica sand with mean diameter 0,385 mm. The results using the water-boiling test method showed that the equivalence ratio had an effect on some parameters affecting the performance of the reactor such as reactor temperature, effective flame fire, heat generated, and efficiency. At ER 0.40 the effective flame fire could last for 39 minutes with an efficiency of 13.29%. For ER 0.68 the effective flame of fire was for 46 minutes with an efficiency of 24.76%. As for ER 0.88 the effective flame was for 34 minutes with an efficiency of 15.63%.

Keywords: *fluidized bed co-gasification, coal, sawdust, equivalence ratio*

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur Alhamdulillah atas kehadiran Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, semoga kita senantiasa dalam lindungan-Nya. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang kita jadikan suri tauladan dalam kehidupan ini. Syukur Alhamdulillah penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir berjudul “Co-Gasifikasi Batubara-Serbuk Kayu Dengan Variasi *Equivalence Ratio* Pada Reaktor *Fluidized Bed Gasifier*”, dapat terealisasi atas dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini saya dengan segala ketulusan dan keikhlasan hati ingin menyampaikan rasa terimakasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Sri Sunarjono, MT, Ph. D, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
2. Ir. Subroto, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Bapak Nur Aklis, S.T, M.Eng, selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan pengarahan, bimbingan, dan saran hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
4. Ir. Ngafwan, MT, selaku pembimbing akademik yang selalu memberikan masukan-masukan dan dorongan yang mendukung kepada saya.
5. Bapak/Ibu dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat, sehingga saya dapat mencapai gelar sarjana S-1.

Semoga amal baik semua pihak yang membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini mendapatkan imbalan dari Allah SWT. Saya menyadari dalam penulisan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan,

meskipun telah berusaha untuk mendapatkan hasil yang terbaik. Segala kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi saya pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surakarta, November 2017

Niko Haryanto
D 200 130 081

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | iv |
| LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR | v |
| MOTTO | vi |
| PERSEMBAHAN | vii |
| ABSTRAK | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR GAMBAR | xiv |
| DAFTAR TABEL | xv |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Batasan Masalah | 4 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 5 |
| 1.5 Sistematika Penulisan..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 7 |
| 2.2 Landasan Teori..... | 10 |
| 2.2.1 Batubara | 10 |
| 2.2.2 Biomassa | 13 |
| 2.2.3 Gasifikasi | 15 |
| 2.2.4 Teknologi Co- Gasifikasi | 17 |
| 2.2.5 Jenis-Jenis Reaktor Gasifikasi..... | 18 |
| 2.2.6 <i>Equivalence Ratio</i> | 26 |

| | |
|--|----|
| 2.2.7 Material Bed..... | 26 |
| 2.2.8 Fluidisasi | 28 |
| 2.2.9 Perhitungan..... | 31 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 34 |
| 3.1 Diagram Alir Penelitian | 34 |
| 3.2 Alat Dan Bahan Penelitian | 37 |
| 3.2.1 Skema Alat..... | 37 |
| 3.2.2 Alat..... | 38 |
| 3.2.3 Bahan..... | 43 |
| 3.2.4 Prosedur Penelitian..... | 43 |
| BAB IV ANALISA PEMBAHASAN | 46 |
| 4.1 Temperatur Reaktor..... | 46 |
| 4.1.1 Temperatur Reaktor Pada ER 0,40..... | 46 |
| 4.1.2 Temperatur Reaktor Pada ER 0,68..... | 47 |
| 4.1.3 Temperatur Reaktor Pada ER 0,88..... | 49 |
| 4.1.4 Temperatur Rata-Rata Reaktor | 51 |
| 4.2 Temperatur Nyala Api | 52 |
| 4.3 Pendidihan Air..... | 54 |
| 4.4 Kalor | 55 |
| 4.4.1 Perhitungan Kalor sensibel | 55 |
| 4.4.2 Perhitungan Kalor Laten..... | 56 |
| 4.4.3 Perhitungan Kalor Total | 56 |
| 4.5 Efisiensi | 58 |
| BAB V PENUTUP | 61 |
| 5.1 Kesimpulan | 61 |
| 5.2 Saran | 62 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 64 |
| LAMPIRAN..... | 66 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Entrained Flow Gasifier | 21 |
| Gambar 2.2 <i>Updraft Gasifier</i> | 23 |
| Gambar 2.3 <i>Downdraft Gasifier</i> | 23 |
| Gambar 2.4 <i>Fluidized bed gasifier</i> | 24 |
| Gambar 2.5 Fenomena Fluidisasi | 29 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian | 34 |
| Gambar 3.2 Skema Alat Fluidized Bed Gasifier | 37 |
| Gambar 3.3 Reaktor Fluidized Bed | 38 |
| Gambar 3.4 Distributor | 39 |
| Gambar 4.1 Profil Temperatur Reaktor Pada ER 0,40 | 46 |
| Gambar 4.2 Profil Temperatur Reaktor pada ER 0,68 | 48 |
| Gambar 4.3 Profil Temperatur Reaktor Pada ER 0,88 | 49 |
| Gambar 4.4 Profil Temperatur Rata-Rata Reaktor | 51 |
| Gambar 4.5 Perbandingan Temperatur Nyala api | 53 |
| Gambar 4.6 Perbandingan Temperatur Pendidihan Air | 54 |
| Gambar 4.7 Perbandingan Total Kalor Yang Dihasilkan | 57 |
| Gambar 4.8 Efisiensi Thermal | 59 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2.1 Ultimate and Analysis Batubara sub-bituminus (Ahn et al. 2001) | 13 |
| Tabel 2.2 Ultimate and proxymate analysis biomassa serbuk kayu (Han et al. 2011) | 15 |
| Tabel 4.1 Perhitungan Kalor Sensibel pada Variasi ER 0,40 | 55 |
| Tabel 4.2 Perhitungan Kalor Sensibel pada Variasi ER 0,68 | 55 |
| Tabel 4.3 Perhitungan Kalor Sensibel pada Variasi ER 0,88 | 55 |
| Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Kalor Laten pada ketiga variasi ER | 56 |
| Tabel 4.5 Perhitungan Kalor Total dari ketiga variasi ER | 56 |
| Tabel 4.6 Tabel Efisiensi Thermal | 59 |